



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Matemáticas

Escuela Profesional de Investigación Operativa

**Programación lineal para la mejora del proceso de
envasado en una empresa de lubricantes**

TESINA

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación
Operativa

AUTOR

Janet ARAMBURÚ PALOMINO

ASESOR

Gladys Giovanna MELGAREJO ESTREMADOYRO

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Aramburú, J. (2016). *Programación lineal para la mejora del proceso de envasado en una empresa de lubricantes*. [Tesina de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

661

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PARA LA TITULACIÓN PROFESIONAL 2016 - II
MODALIDAD EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
(RR. N° 03849-R-16)

2(2)
51

ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACION OPERATIVA

ACTA DE EXPOSICIÓN DE TESINA

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 9:30 horas, del día 11 de DICIEMBRE del 2016, se reunieron las docentes designadas como miembros del Jurado Evaluador:

Dr. Luis Ore Lujan

Presidente

Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro

Miembro

Para la exposición de la Tesina titulada: "Programación Lineal para la mejora del proceso de envasado en una empresa de lubricantes" presentada por **Br. Aramburu Palomino, Janet**

Luego de la exposición de la tesina, los Miembros del Jurado hicieron las preguntas correspondientes, a las cuales la **Br. Aramburu Palomino, Janet**

respondió con acierto y solvencia, demostrando pleno conocimiento del tema.

Hecha la evaluación correspondiente, según tabla adjunta, la **Br. Aramburu Palomino, Janet**

mereció la aprobación obteniendo como calificativo promedio y la nota de 14.00 (letras y números).

A continuación, los Miembros del Jurado Evaluador, dan manifiesto que la **Br. Aramburu Palomino, Janet** aprobó la exposición de la Tesina

Siendo las 10:00 horas, se levantó la sesión, firmando para constancia la presente acta en dos (2) copias originales.

Gladys Melgarejo
Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro
MIEMBRO

Luis Ore Lujan
Dr. Luis Ore Lujan
PRESIDENTE

PROGRAMACION LINEAL PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE ENVASADO EN UNA EMPRESA DE LUBRICANTES

JANET ARAMBURÚ PALOMINO

Tesina presentada a consideración del Cuerpo Docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, como parte de los requisitos para obtener el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Aprobada por:

Dr. Luis Oré Luján
Presidente

Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro
Miembro – Asesor

Lima – Perú

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAMBURÚ PALOMINO, JANET

Programación Lineal para la mejora del
proceso de envasado en una empresa de
lubricantes, (Lima) 2016

vii, 58 p., 29.7 cm. (UNMSM, Licenciada
en Investigación Operativa, 2016)

Tesina, Universidad Nacional Mayor de
San Marcos, Facultad de Ciencias
Matemáticas. Investigación Operativa

La presente tesina está dedicada a mis padres Vidal Aramburú y Deida Olga, ejemplos para mi futuro; y en especial a mi esposo por su incondicional apoyo quien me alegra mi vida y me incentiva a seguir adelante.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	2
1.1.1 Descripción de La Empresa.....	2
1.1.1.1 Visión, Misión y Valores	5
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo General	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes de Investigación	18
2.2 Bases Teóricas	19
2.2.1 Estructura Organizacional	21
2.2.2 Análisis de Sistema Productivo	26
2.3 Justificación del Problema	35
III. METODOLOGÍA	36
3.1 Modelación del programa de Producción	36
3.1.1 Formulación del modelo	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1 Resultado del modelo	46
4.2 Presentación de Resultados	48
V.CONCLUSIONES	49
VI. RECOMEDACIONES.....	50
VII. BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

PROGRAMACION LINEAL PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE ENVASADO EN UNA EMPRESA DE LUBRICANTES

JANET ARAMBURÚ PALOMINO

DICIEMBRE – 2016

Asesor : Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro
Título a obtener : Licenciada en Investigación Operativa

La Empresa de lubricantes brinda el servicio de envasado de dos productos de aceite advance 2T y Nautilus que abastece al cliente SLL que ocupa aproximadamente 80% de la producción. El cuello de botella que se presenta es el no abasteciendo a tiempo de los pedidos, incurriendo en pedidos pendientes lo cual genera demora en los despachos y clientes insatisfechos; y para resolver este inconveniente la metodología a seguir en la presente tesina es una aplicación de Investigación de Operaciones (Hillier & Lieberman , 2006) a la que también se le hace referencia como IO, utilizando algoritmos de programación lineal entera que nos indique cuántos lotes de cada producto fabricar (García et al., 1990) y en qué días se deben realizar para atender la demanda en el plan proyectado considerando la capacidad de La Planta (Winston, 2005); los insumos disponibles en el almacén y la prioridad de atención a los clientes tal que se pueda maximizar el volumen de producción con un impacto positivo en el cumplimiento del plan proyectado, así mismo se realiza un análisis comparativo de los resultados con el método actual de programación en la empresa de lubricantes. El resultado concluyó en hallar el valor óptimo a producir del producto en el mes y de esta manera optimizar el volumen de la producción logrando atender los pedidos a tiempo.

PALABRAS CLAVES: CUELLO DE BOTELLA
ATENCIÓN DE DEMANDA
ANÁLISIS COMPARATIVO
PROGRAMACIÓN LINEAL

ABSTRACT

LINEAR PROGRAMMING FOR THE IMPROVEMENT OF THE PACKAGING PROCESS IN A LUBRICANT COMPANY

JANET ARAMBURÚ PALOMINO

2016

Asesor : Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro

Licensed to obtained : Licenciada en Investigación Operativa

The Lubricants Company offers the service of packaging two oil products 2T advance and Nautilus that supplies the SLL customer that occupies approximately 80% of the production. The bottleneck that is presented is not supplying orders on time, incurring pending orders which generates delays in offices and dissatisfied customers; And to solve this problem, the methodology to be followed in this thesis is an Operations Research application (Hillier & Lieberman, 2006), which is also referred to as IO, using integer linear programming algorithms to indicate how many batches of (García et al., 1990) and on what days should be made to meet demand in the planned plan considering the capacity of La Planta (Winston, 2005); The available supplies in the warehouse and the priority of attention to the clients so that the production volume can be maximized with a positive impact in the fulfillment of the projected plan, also a comparative analysis of the results is made with the current method of programming In the lubricant company. The result was to find the optimal value to produce the product in the month and thus optimize the volume of production by managing orders on time.

KEYWORDS: BOTTLENECK
DEMAND ATTENTION
COMPARATIVE ANALYSIS
LINEAR PROGRAMMING

I. INTRODUCCIÓN

La presente tesina se titula *Programación Lineal para la mejora del proceso de envasado en una Empresa Lubricantes*. El estudio se realiza en una empresa de Lubricantes que se encuentra en un periodo de crecimiento desde la producción hasta los despachos del producto en sachets. Debido a la competitividad en el sector en el que se encuentra, la empresa requiere optimizar sus procesos para poder atender la mayor cantidad del producto en sachet que le generan demanda. La tesina presentada tiene como objetivo mejorar los procesos de la empresa de lubricantes a través de una propuesta de mejora para la línea de producción de envasado de sachets (Machuca, 1995), para ello la mejora se basa en el desarrollo de un modelo matemático que permita obtener un programa de producción que determine la secuencia óptima de los procesos productivos (Aliaga, 2015) que genere el nivel de atención de la demanda e incremente las utilidades. Para el desarrollo de la tesina, el estudio se organiza en tres capítulos. El capítulo 1, contiene el desarrollo del estudio del caso de la empresa. Para ello, el capítulo se ha dividido en cuatro secciones. En la primera se describen los principales problemas del proceso y la situación actual de la empresa aplicándose las herramientas de brainstorming (lluvia de ideas), Análisis de Pareto y análisis causa-efecto, en la segunda se hace la formulación del problema de la empresa lubricantes; y, en la tercera, se analizan sus objetivos generales y específicos. El capítulo 2, contiene el marco teórico en el que se desarrolla la presente tesis. En este capítulo se muestran el caso de estudio de una Empresa de Lubricantes del Callao. El capítulo 3, contiene el desarrollo del plan de mejoras. Aquí se presenta la metodología a seguir, donde se realiza la modelación en el que se presenta la formulación del modelo de programación lineal entera y el análisis de los resultados para un periodo de cinco meses, y, finalmente en el capítulo 4, se realiza la evaluación económica de las mejoras planteadas que son el análisis, interpretación y presentación de los resultados con las conclusiones y recomendaciones. Con los beneficios obtenidos la empresa podrá atender la mayor cantidad de productos demandados y mantenerse competitiva en el sector de aceites lubricantes para diversas aplicaciones automotrices e industriales.

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

1.1.1 Descripción de La Empresa

La Empresa de Lubricantes del Callao fue fundada en el año 1978 como una empresa importadora y comercializadora de insumos para la industria peruana siendo el principal campo de acción los aditivos y diversos productos químicos.

Es una compañía dedicada a la mezcla, servicio de envasado y/o comercialización de aditivos y otras materias primas, servicio de descarga en puerto y almacenaje de líquidos a granel, para la industria de lubricantes y combustibles. Asimismo comercializa repuestos para la Minería y Construcción.

Desde el año 2012 cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad certificado según la norma ISO 9001:2008. La certificación cuenta asimismo con acreditaciones del ANSI-ASQ National Accreditation Board (ANAB) y del United Kingdom Accreditation Service (UKAS). El código del certificado es el BR231420. El alcance de la certificación ISO 9001:2008 incluye: Servicio de almacenaje, descarga en puerto, recepción, mezcla y envasado de aceites y grasas lubricantes, recepción y almacenaje de graneles de hidrocarburos y otros productos químicos; además del almacenaje de productos empacados y otras cargas secas.

La Empresa de Lubricantes cuenta asimismo con la certificación de la empresa JX Nippon Oil & Energy del Japón como empresa autorizada para la elaboración y envasado de sus lubricantes.

En años recientes han incursionado con éxito en proveer diversos servicios logísticos en los dos terminales ubicados en el Callao.

Tienen la representación exclusiva de las siguientes compañías:

- **The Lubrizol Corporation**, dedicada a la investigación, desarrollo y fabricación de aditivos para lubricantes y combustibles; emulsificantes, termo-plásticos, monómeros, etc.
- **United Color Manufacturing, Inc.**, dedicada a la fabricación de colorantes y pigmentos para la industria, así como para tintas, plásticos, combustibles y lubricantes.

La empresa cuenta con tres locales industriales: Planta Central, Planta Carlos Concha y Planta Sol , ubicados al Norte del terminal del puerto marítimo del Callao y con acceso a las principales vías de transporte a la ciudad de Lima como al interior del país, tanto por carretera como por vía férrea.

Se tiene un moderno centro de distribución en el Callao y bodegas para el almacenamiento y distribución de mercadería en las ciudades de Arequipa, Chiclayo y Salaverry.

Grafico 1. Panta Central: Área de empacado y despacho



La planta de lubricantes posee equipos para la elaboración, envasado y empacado de aceites y grasas lubricantes para diversas aplicaciones automotrices e industriales.

Grafico 2. Área de Producción de envasado en la planta Central y Planta Sol y área de almacenamiento en Planta Carlos Concha



Los aceites bases, materia prima principal para la elaboración de los aceites y grasas lubricantes, así como otros productos líquidos a granel, son descargados directamente de los buques tanqueros a través de tuberías que van desde muelles de atraque en el puerto hasta los tanques de tierra en las instalaciones de la empresa, para el almacenamiento de productos líquidos varios a granel.

Con la idea de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, se ha estado cumpliendo sus requerimientos, tanto los requisitos legales aplicables con las exigencias internas de la empresa de lubricantes.

Debido a que logró un gran posicionamiento en el mercado para generar más valor a la empresa, actualmente cuentan con los siguientes servicios:

- 1.- Almacenaje de líquidos a granel productos empacados
- 2.- Elaboración, envasado y empaçado de aceites y grasas lubricantes
- 3.- Recepción de líquidos a granel vía tubería desde muelles de descarga en el puerto del Callao
- 4.- Servicios Logísticos Integrales (SLI)

La tesina se basa en el 2do Servicio que denominamos “Elaboración, envasado y empaçado de aceites y grasas lubricantes para el cual procesa bolsas de aceite de Lubricantes de 2 Tiempos para una marca específica para un cliente que ocupa casi el 80% de la producción en general. Este servicio cuenta con una planta de mezcla y envasado de aceites lubricantes y elaboración de grasas lubricantes. En esta planta se elaboran y envasan lubricantes de las más diversas marcas. Los servicios ofrecidos varían según los requerimientos del cliente; van desde el simple servicio de envasado o trasvase de productos hasta el servicio logístico de la adquisición de materias primas, elaboración, envasado, almacenamiento y distribución a nivel nacional.

Grafico 3. Área de Producción de envasado en Planta Central



1.1.1.1 Visión, Misión y Valores

VISIÓN.- Ser reconocidos en el ámbito nacional e internacional como una empresa líder en servicios de manufactura y operaciones logísticas para la industria.

MISIÓN.- Satisfacer las necesidades de nuestros clientes ofreciendo servicios de la más alta calidad y construyendo relaciones a largo plazo a través de una gestión eficiente, desarrollando en forma integral los recursos humanos de la organización y generando valor para los socios e interesados.

VALORES: compartimos los siguientes valores fundamentales: honestidad, integridad y respeto por nuestros colaboradores, clientes, proveedores, comunidad y el medio ambiente. Creemos firmemente en la importancia de la seguridad, la excelencia operacional enfocados al cliente, trabajando en equipo con profesionalismo y brindando servicios del más alto nivel.

- Respeto a las personas
- Integridad
- Satisfacción del Cliente
- Eficiencia con Simplicidad
- Actitud Positiva
- Seguridad

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La tesina se basa en el servicio de envasado que realiza la empresa de lubricantes para el cliente SLL que ocupa casi el 80% de la producción en general.

Situación actual de los principales procesos

A continuación, se realiza una descripción de la situación actual de los procesos que se llevan a cabo en las áreas de planeamiento y producción.

a) Planeamiento

Según indicó el jefe de Planta, uno de los problemas que se presenta en el área es que no pueden cumplir con las fabricaciones del plan de producción. En las estadísticas mostradas en el cuadro 1, se puede visualizar que en promedio solo se cumplió con el 64 % del plan hasta setiembre del 2009. En el mes de junio solo se cumplió con el 20% debido a que la línea estuvo por 12 días inoperativa debido a los trabajos de mantenimiento que se llevaban a cabo.

Cuadro 1. Nivel de cumplimiento del plan de producción

Periodo	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Set-09	Total
Lotes Planificados	28	20	21	21	18	108
Lotes Fabricados	16	4	14	21	14	69
%Cumplimiento	57%	20%	67%	100%	78%	64%

El jefe de planta explica que la capacidad teórica se mide en la cantidad de lotes que se pueden fabricar en el mes. Dado que se cuenta con productos del tipo aceite advance 2T (Lubricante para motores de dos tiempos) y también del tipo Nautilus, que toman un día en fabricarse, exactamente no se puede definir una capacidad real, por lo que consideran un estimado de 22 días disponibles al mes; y tomando como dato que para todo el producto se fabrica un lote al día, se estima que se puede fabricar 22 lotes al mes. Según lo explicado por el jefe de producción, no se consideran los 8 días restantes del mes debido a que estos se utilizan para cubrir otras eventualidades.

Asimismo, el jefe de planta, indica que cada lote que se deja de fabricar pasa como pendiente al siguiente mes, lo cual se refleja en un incremento de la demanda de lotes del siguiente mes. En el gráfico 4, en la línea superior se muestra la evolución de lotes pendientes por fabricar a inicio de cada mes.

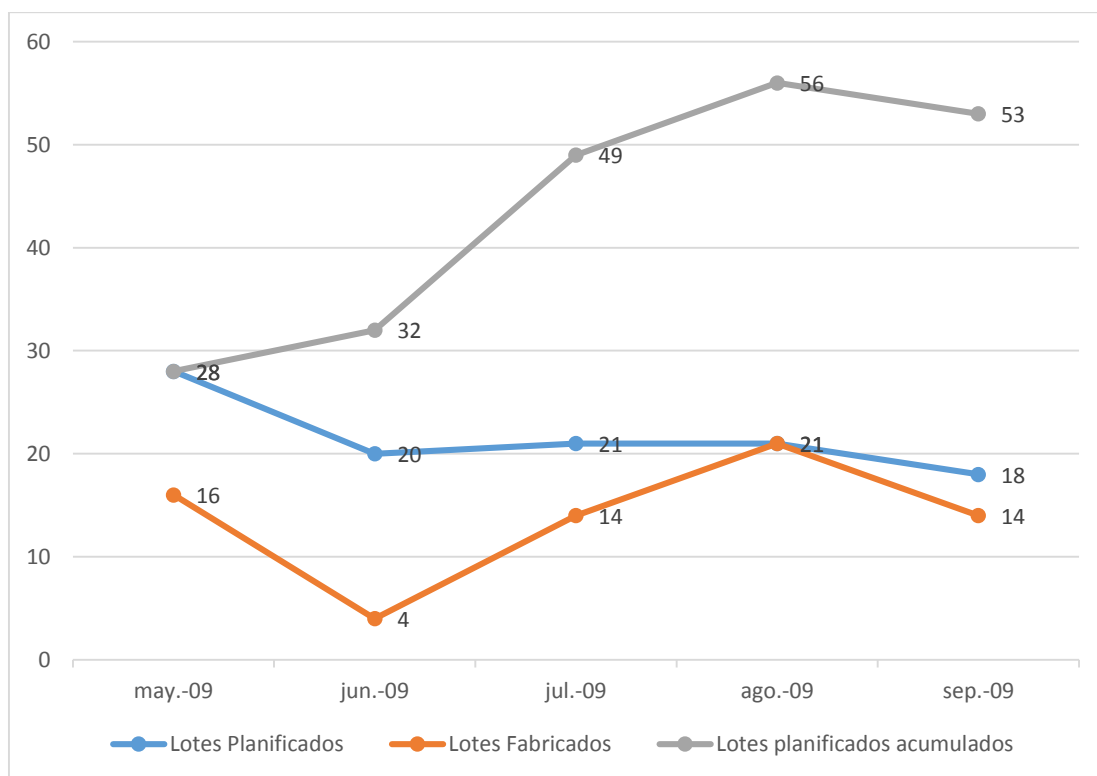


Gráfico 4. Comparación del número de lotes fabricados vs planificados

La línea media en el gráfico 4 representa al plan de producción que se proyectó para los meses de mayo a setiembre del 2009. Es importante resaltar que la proyección se hace como mínimo cuatro meses antes del mes de fabricación ya que se requiere comprar las materias primas y estas tienen un *lead time* (tiempo de entrega) de cuatro meses aproximadamente.

La línea inferior representa los lotes fabricados al final de cada mes. Sin embargo, a inicios del año ya se tenían 560 lotes pendientes por fabricar del mes de abril del 2009, los que sumados a los 20 lotes que se habían planificado para mayo hacían un total de 28 lotes por fabricar en ese mes. Conforme se iba pasando de un mes a otro, se iba incrementando la cantidad demandada de lotes por fabricar. Al finalizar el mes de agosto del 2009 se tenían 35 lotes por fabricar sumados a los 18 lotes que

se tenían proyectados fabricar en ese mes nos da un total de 53 lotes por fabricar en el mes de setiembre y la línea de producción ya se encontraba saturada.

Según explica el jefe de planta, es difícil modificar el plan de producción debido a las urgencias que tienen los clientes por recibir sus productos y también porque con este documento están involucradas las compras de materia prima, compras de materiales de envasado y acondicionado.

Asimismo, al dejar de fabricar un producto claramente se reflejaba en una disminución en las utilidades de La Planta.

b) Producción

Según explica el jefe de producción, el plan no es suficiente ya que no toma en cuenta la disponibilidad de los insumos ni la disponibilidad de recursos suficientes. Se ha dejado de fabricar porque no se contaban con los insumos disponibles en el momento de iniciar la fabricación. Asimismo, se ha dejado de fabricar porque el tanque de mezcla requerido en el que se almacenó el producto fabricado aún sigue en cola a la espera de que se inicie su proceso de envasado.

En el cuadro 2 se indica la cantidad de días en los que no se fabricaron productos para los meses de mayo a setiembre del 2009. En total no se fabricaron en 56 días, pero restando los días en el que no se fabricó a causa de los trabajos de mantenimiento y días no laborables que suma 38 días, se obtiene que se dejaron de fabricar en 18 días a causa de que no se contaban con todos los insumos disponibles o que no se contaba con los tanques de mezcla desocupados.

Cuadro 2. Cantidad de días del mes en los que no se fabricaron

Periodo	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Set-09	Total
Lotes Fabricados	16	4	14	20	14	68
Días utilizados	22	27	22	19	5	95
Días disponibles	24	30	26	24	9	113
Días no utilizados	9	3	9	12	23	56

El supervisor de almacén indica que los insumos que se requieren se encuentran en La Planta pero no se pueden utilizar porque están en condición de cuarentena. Cuando un insumo llega a La Planta, inmediatamente ingresa al almacén de cuarentena para que sean inspeccionados por el personal de control de calidad. Según nos dio a conocer el jefe de producción, la política de inspección de insumos se basa en lo siguiente: “el primero que llega es el primero que se inspecciona”; y nos explica que se debe cumplir de esa manera porque el pago a los proveedores está sujeto a la aprobación de los insumos que les abastecen.

En cuanto a la disponibilidad de los tanques de mezcla, esta restricción se genera cuando hay productos en espera para ingresar al área de envasado. Mientras el producto continúa almacenado en el tanque, este equipo no se podrá utilizar hasta que el área de empaque realice el proceso de envasado. El jefe del área de envasado indica que su proceso depende de la presentación (en mililitros) del producto que se tiene que envasar y de la disponibilidad de operarios capacitados en este proceso. De todos los operarios, solo tres son fijos en el área y están entrenados en este proceso, los que faltan se completan de otras líneas de producción pero no tienen la habilidad suficiente por lo que el proceso se vuelve muy lento. Sin embargo, para que el área pueda disponer del tanque, tiene que asignar más personal al área de envasado incurriendo en más horas hombre e inclusive en sobretiempos.

La jornada laboral de las áreas de producción es de 8 horas/día por 5 días a la semana. Las horas extras se distribuyen en 3 horas diarias en los días de semana y 8 horas diarias para los sábados y domingos. En el área de empaque se trabaja en doble turno por la cantidad de productos existentes en todas las líneas de producción que tiene La Planta.

Se consultó con los jefes de producción sobre las horas-hombre incurridas en este mismo lapso de tiempo e inclusive las horas extras. El jefe de planta indica que las horas extras en la fabricación son casi inevitables por la naturaleza del producto, esto sumado a la indicación de que una vez empezado la fabricación no puede detenerse hasta que se culminen todas las operaciones, hacen que se tenga que incurrir necesariamente en horas-extras en el área de fabricación. En cambio, el encargado de envasado indica que existen horas extras en el área de envasado por

el motivo de que este proceso es lento y no se han logrado automatizar todas las operaciones. La operación de dosificado (llenado del líquido al envase) es semiautomática y la máquina marca el ritmo; en cambio, la actividad de colocar en las cajas y sellar con Hotmelt son totalmente manuales por lo que los operarios marcan el ritmo. Así también, el riesgo de que la máquina de envasado esté mal calibrada y dosifique menos o más cantidad de líquido no permite acelerar el proceso. Cuando se detecta un error en el volumen de dosificado, se debe paralizar toda la línea de envasado y volver a calibrar la máquina. De esta manera, el ritmo del proceso de envasado^{Ref.10)} es variable y como el proceso no puede detenerse una vez que ha empezado, se tiene que incurrir en horas-extras para terminar todo el lote. En el cuadro 3 se pueden visualizar las horas normales y horas extras incurridas durante el envasado en los cinco meses del año 2009.

Cuadro 3. Horas hombre de envasado de mayo a setiembre del 2009.

Periodo	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Set-09	Total
Horas normales	623	222	559	901	533	2838
Horas extras	269	134	138	463	224	1228
Total por mes	892	356	698	1364	756	4066

Finalmente, el jefe de producción explica que cuando el Jefe de planta tiene una urgencia por entregar un producto, les obligan a modificar las secuencias de producción previstas y no se logra optimizar los procesos. El jefe de planta indica que se puede optimizar los procesos cuando se fabrica en campaña; es decir, cuando se fabrican dos lotes consecutivos del mismo producto.

En el cuadro 4 se puede esquematizar un ejemplo de cómo se optimizaría el proceso con la fabricación en campaña. Se tienen 4 lotes del producto, de los cuales hay 2 lotes del mismo producto y son del tipo aceite advance 2T. En la secuencia no optimizada se ve que los dos lotes del mismo producto no se fabrican en forma consecutiva y el resultado es que nos toma 4 días (días 1, 2, 4 y 5) en fabricar ambos lotes. En cambio, en la secuencia optimizada se junta los dos lotes y se reduce el tiempo de fabricación en solo 3 días (días 1, 2 y 3).

Cuadro 4. Comparación de secuencia no optimizada vs optimizada

Secuencia no optimizada						
Proceso	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6
Fabricación	Advance 2T Lote 1	Advance 2T Lote 1	Nautilus 1 Lote 1	Advance 2T Lote 2	Advance 2T Lote 2	Nautilus 2 Lote 1
Secuencia optimizada						
Proceso	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6
Fabricación	Advance 2T Lote 1 y Lote 2	Advance 2T Lote 1 y Lote 2	Advance 2T Lote 1 y Lote 2	Nautilus 1 Lote 1	Nautilus 2 Lote 1	Nautilus 3 Lote 1

El jefe del área de envasado indica que si logrará envasar un lote de producto por día, no generarían cuellos de botella que ocasionan restricciones al área de manufactura por la disponibilidad de tanques. Además si se logrará reducir el tiempo del proceso de envasado, los operarios podrían apoyar en las otras líneas de producción que se están volviendo críticas.

En resumen, en los dos procesos vistos se ha encontrado lo siguiente:

El nivel de cumplimiento del plan depende de una correcta programación de las fabricaciones y los envasados. Hasta el momento La Planta solo ha cumplido con el 65% del plan por lo que se está dejando de percibir ingresos en la línea del producto aceite lubricante advance 2T.

No es suficiente tener el plan de producción, sino que hace falta un programa que contemple la disponibilidad de los insumos requeridos tal manera que solo se programen los que tengan todos los insumos completos (materia prima y envases) evitándose dejar de fabricar por este motivo.

El plan que se ha estado manejando no contempla los trabajos preventivos de mantenimiento, lo cual al jefe de producción no les permite garantizar la disponibilidad de todos los días para poder fabricar.

Actualmente la política de secuenciación está basada en las urgencias de entrega de producto que se establecen con los clientes. Este hecho hace que se pierdan oportunidad de optimizar los procesos adecuadamente.

El proceso de envasado es muy lento y requiere la disponibilidad de varios operarios. Logrando automatizar las operaciones se podría disponer de estos operarios a otras líneas de producción que lo necesitan.

Principales problemas

Una vez que hemos descrito y analizado los principales procesos procedemos a encontrar los principales problemas. Para realizar esto utilizaremos las herramientas de brainstorming y análisis causa-efecto.

Aplicación de Brainstorming

Para identificar los problemas más relevantes que afectan a la línea de producción de envasado de sachets advance 2T se utilizó la herramienta de brainstorming o lluvia de ideas. Se seleccionó a un grupo de personas con experiencia en la línea de producción de envasado de sachets advance 2T, entre ellos, el jefe de planta, el jefe del área de empaque, un operario de envasado, un operario de empaque y el jefe de planeamiento. Se procedió a realizar una lluvia de ideas del tipo no estructurado en un lapso de 25 minutos. En consenso con todo el grupo, se eliminó las duplicaciones y los problemas no importantes. Luego, para seleccionar los problemas más significativos, cada integrante procedió a calificar de acuerdo a un puntaje de 0 a 4 como indica el cuadro 5. Dándole el valor de 4 al problema con impacto muy alto, 3 al problema con impacto alto, 2 al problema con impacto regular, 1 al problema con impacto bajo y 0 al problema con impacto muy bajo, según el punto de vista de cada integrante.

Cuadro 5. Escala de Calificación

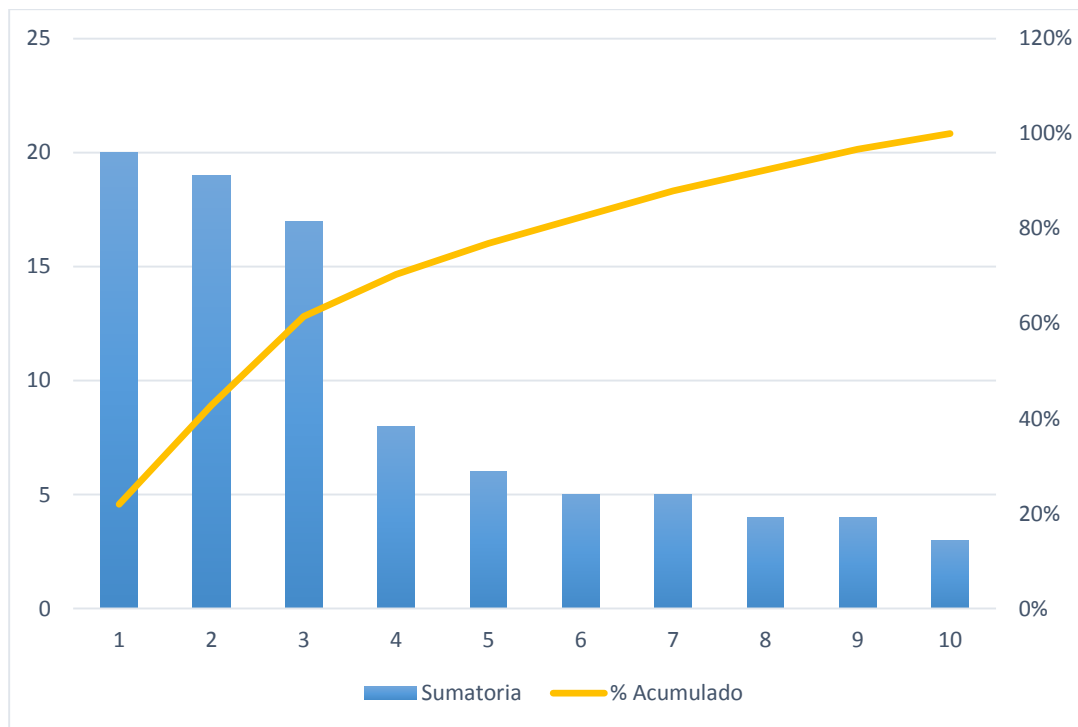
Grado de impacto	Puntuación
Muy alto	4
Alto	3
Regular	2
Bajo	1
Muy bajo	0

Luego, se obtuvo el porcentaje de cada problema tomando como total la sumatoria de los puntajes. A la vez, se añadió una columna con el porcentaje acumulado para obtener el 30% de los problemas vitales que hacen que se originen el 62% de los efectos. Este valor nos sirve para realizar el análisis Pareto. Los resultados se pueden ver en el cuadro 6 y gráfico 5.

Cuadro 6. Principales problemas y la puntuación asignada

ID	Principales problemas encontrados	Jefe de Producción	Jefe de Empaque	Operario de envasado	Operario de Empaque	Jefe de Planta	Sumatoria	%	% Acumulado
1=A	Se pierde oportunidad de obtener más ingresos.	4	4	4	4	4	20	22%	22%
2=B	Hay falta de optimización en el proceso de envasado de sachets.	4	4	4	4	3	19	21%	43%
3=C	El proceso de envasado restringe el uso de tanques.	4	3	4	3	3	17	19%	62%
4=D	Las actividades de mantenimiento (correctivo) paralizan la producción.	3	3	0	0	2	8	9%	70%
5=E	La demora en las inspecciones de calidad retrasa la entrega del producto	1	1	0	0	4	6	7%	77%
6=F	No se cuenta con equipos independientes en cada área.	1	3	0	1	0	5	5%	82%
7=G	Urgencias en la entrega de productos que afectan la normalidad de los procesos	3	2	0	0	0	5	5%	88%
8=H	Se utiliza tiempo en exceso para la limpieza de las áreas de fabricación y envasado	1	0	2	1	0	4	4%	92%
9=I	La demora en calibrar la balanza para lograr el peso requerido del producto en cada sachet.	0	2	0	2	0	4	4%	97%
10=J	No se puede fabricar a falta de materiales aprobados para envasar el producto.	1	0	0	0	2	3	3%	100%
Total							91	100%	

Grafica 5. Análisis de Pareto



Del grafico 5. Nos indica que en la empresa existen varios problemas que no se les da solución y esto incurre que acumulado aumenten aún más los problemas.

Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de causa y efectos de los siguientes problemas:

- Se pierde oportunidad de obtener más ingresos.
- Hay una falta de optimización en el proceso de fabricación.
- El proceso de envasado restringe el uso de tanques

Aplicación de análisis causa-efecto.

Se realizó un análisis causa-efecto para cada uno de los puntos obtenidos por el análisis de Pareto. Mediante este análisis podremos determinar los principales factores que pueden estar vinculados a cada uno de los problemas escogidos. En este análisis también participaron los jefes de cada área, dos operarios y el jefe de planeamiento.

Los resultados se pueden ver en los gráficos 6, 7 y 8.

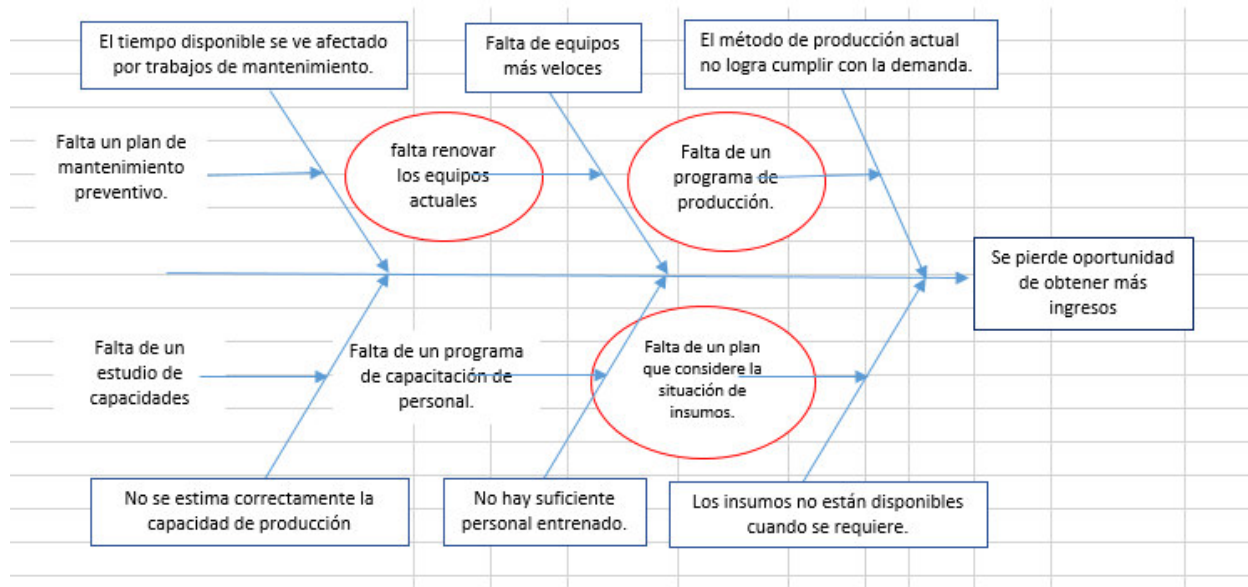


Grafico 6. Se pierde oportunidad de obtener más ingresos

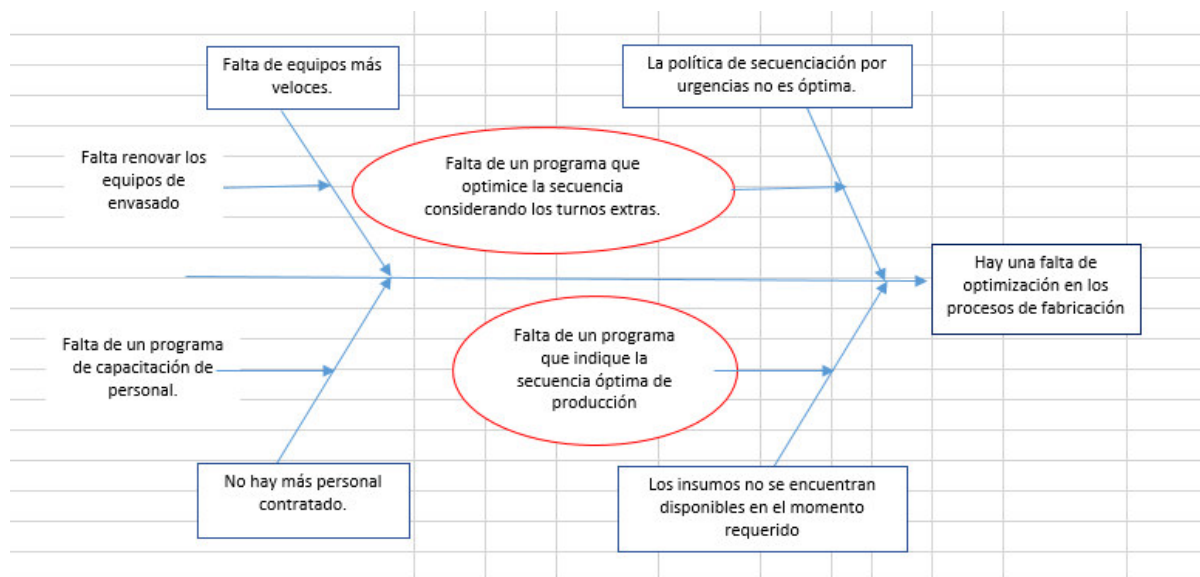


Grafico 7. Hay una falta de optimización en el proceso de fabricación

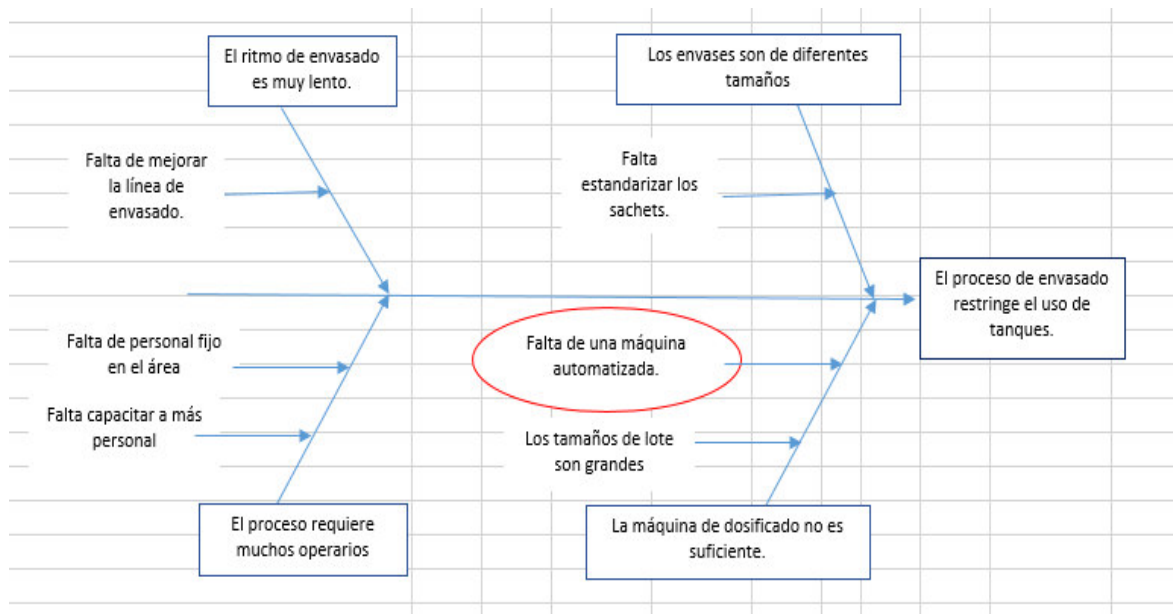


Grafico 8. El proceso de envasado restringe el uso de tanques.

De los gráficos 6,7 y 8; y de análisis causa-efecto, se han tomado los siguientes factores como propuesta de mejora a realizar en la siguiente tesina.

- Obtener un programa de producción que optimice la secuencia considerando los turnos extras (sábados y domingos) y los insumos disponibles.
- Renovar los equipos de envasado tal que el proceso de envasado sea más eficiente en todos los productos y que el nivel de producción se restrinja por la disponibilidad de los tanques.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Mejorar el proceso de producción de envasado mediante el modelo de programación lineal, para optimizar el volumen de producción del servicio de envasado en la Empresa de Lubricantes.

1.3.2 Objetivos Específicos

Implementar el modelo de Programación lineal mediante la aplicación del Solver Excel.

Maximizar los valores de los productos Advance 2T y Nautilus para optimizar el volumen de la producción del cliente SLL.

II. MARCO TEÓRICO

La empresa de Lubricantes tiene mucho interés por conocer herramientas que ayuden a mejorar sus procesos de tal manera que puedan optimizarlo y así obtener mejores resultados para su beneficio y de sus clientes. A continuación, se explica la base científica que da inicio a los Antecedentes en general y Bases Teóricas da la aplicación que ayudaran a optimizar el uso de los recursos disponibles.

2.1 Antecedentes de Investigación

En la tesis (Aliaga, 2015), Titulada “Análisis y mejora del proceso productivo de una línea de galletas en una empresa de consumo masivo”, tuvo como objetivo optimizar el proceso productivo mediante la aplicación de herramientas estadísticas y herramientas de calidad, para lo cual propuso gráficas de control con límites que satisfagan los requerimientos del proceso se identificó que la distribución en la zona de preparación de masas no es la adecuada para lo cual se propuso la modificación de la misma.

En la tesis (Palomino, 2012) cuyo título es “Aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes”, el objetivo del trabajo de tesis fue mejorar la eficiencia de las líneas de envasado de una planta de fabricación de lubricantes, para ello empleo las herramientas SMED, 5S y JIT, para disminuir el impacto de estas paradas del 73%, 27% y 80% en cada uno de los tiempos a los cuales se es direccionada.

En el artículo cuyo título es: “Reingeniería de los procesos de producción artesanal de una pequeña empresa cervecera a fin de maximizar su productividad” *de los autores* Torres Acuña, María Elizabeth, en el año 2013 (Machuca, 1995), quienes tuvieron como objetivo incrementar la productividad de la empresa eliminando la rotura de stock y pérdidas monetarias ocasionadas por botellas defectuosas, las cuales ascendieron a S/13,000 el año pasado, para ello empleo la planificación, identificación de procesos actuales, análisis de situación actual, rediseño de procesos e implementación. Y en cada una de ellas se hace uso de las herramientas de la ingeniería industrial adecuadas al caso en estudio.

Conceptos Previos

1) El aceite lubricante en un motor de combustión interna:

Es un fluido que tiene como función principal evitar la fricción entre piezas móviles del motor, formando una película separadora entre ellas que permite su movimiento minimizando el desgaste en condiciones de elevada temperatura y presión. Se elabora a partir de un aceite base que puede ser de origen mineral o sintético, al que se añaden paquetes de aditivos para dotarlo de características técnicas específicas, adicionales a la de lubricación, y dan origen a una amplia gama de alternativas comerciales. La tecnología aplicada a la elaboración de lubricantes acompaña el desarrollo de motores cada vez más sofisticados, potentes y complejos, por lo que existen amplias variedades y formas de clasificación según el ámbito geográfico en que se va a utilizar, sus propiedades y las recomendaciones del fabricante del motor.

El proceso de producción del Lubricante comienza con un trabajo de laboratorio, donde se determina los tipos de bases y aditivos a utilizar y sus proporciones conforme a las propiedades deseadas del producto final. Con esto se obtiene la fórmula. Por separado se elaboran las bases lubricantes y los aditivos. Finalmente en un proceso denominado “blending” se mezclan las bases con los aditivos en las proporciones definidas por la fórmula, conforme al tipo de aceite que se esté produciendo en ese momento. Es un proceso continuo tipo “batch”. El producto terminado es envasado y distribuido para su venta.

2.2 Bases Teóricas

El 10 de septiembre de 1914 marcó el comienzo de un siglo de operaciones ininterrumpidas en nuestro país. Diez décadas de historia, de familias, de clientes, de productos. A continuación, un recorrido por los principales hitos de la trayectoria de Shell en la Argentina.

Según los informes presentados (ALLEVATO, Hugo), en Argentina no se cuenta con información cierta sobre la cantidad de aceites lubricantes usados que se genera en el país. La Secretaria de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental a través de la Dirección Nacional de Registro tiene a su cargo el levantamiento de información de los generadores, transportistas y operadores de residuos peligrosos. Hasta la

finalización del informe argentino, no se ha finalizado con el censo de los formularios recibidos (por declaración jurada) ni se ha terminado de recibir la totalidad de los formularios que comprenderían el universo de los generadores de lubricantes residuales. En el informe se optó, entonces, por partir de los registros nacionales de productos derivados del petróleo. La producción del año 1999 de aceites lubricantes fue de 232.200 TN (toneladas), de las cuales 231.402 TN se vendieron en el mercado interno (Fuente: Página Web de la Secretaría de Energía de la Nación). Asumiendo que de ese total un 70% corresponden a aceites lubricantes destinados a automotores, tendríamos unas 162.400 TN de aceites residuales provenientes de estaciones de servicio, talleres de reparación y/o de mantenimiento (service). El resto corresponden a motores estacionarios y fijos de diversas industrias y/o uso doméstico.

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) registró los siguientes datos de producción nacional de aceites lubricantes (en m3)

Año	1997	1998	1999
Producción Lubricantes	214.269	250.300	232.200
Venta Mercado Interno	266.622	263.690	231.402

Como puede apreciarse, en los años 1997 y 1998 la producción nacional no alcanzó para el requerimiento del mercado interno. En el año 1999 quedó un saldo exportable. Sin embargo siempre se ha importado aceite lubricante (sobre todo para motores de alta competición). En los últimos dos años la devaluación del real ha favorecido la importación de lubricantes producidos en Brasil a precios muy competitivos. Más adelante se informa que la producción de aceites lubricantes en mayo 2001 fue de 32.442 m3. Para el período junio 2000-mayo 2001 el total producido fue de 352.800 m3. (Fuente Secretaría de Energía y Minería de la Nación). Es decir que se trata de un mercado de 300.000 m3/año con una facturación de 500 millones de dólares a la salida de fábrica.

Las firmas más conocidas elaboradoras de lubricantes son: Alumat, Esso, EG3, Castrol AR, Bardhal, Chevron, Dupont, Elf, Eurolube, Exxon Chemical, Petrobras, Reynold, Shell, Texaco, YPF-REPSOL . La mayoría adquieren el aceite base (en las destilerías YPF La Plata y SHELL) y luego les agregan los aditivos característicos de cada marca.

2.2.1 Estructura Organizacional

La Planta presenta una estructura organizacional tipo funcional.

Según se muestra en el organigrama, las áreas funcionales que componen La Planta son los siguientes:

Gerente de Operaciones.- Velar por el desarrollo y mejora de todas las operaciones de la compañía. Representar a la compañía ante instituciones y clientes estratégicos. Su objetivo es Gestionar, Administrar y Controlar las operaciones de la compañía. Sus funciones desarrolladas:

Representa a la compañía ante clientes de servicios.

Supervisa labores de compañías afiliadas (Oleo Abastecimientos)

Supervisión a las Jefaturas de Planta.

Seguimiento al Sistema de Gestión de la Calidad.

Elaboración y ejecución de nuevos proyectos.

Responsable de las operaciones ante Osinergmin y DGH.

Gerente de Producción.- Asegurar el eficiente funcionamiento de las operaciones en planta a fin de que se lleven de acuerdo a las normas y procedimientos descritos en el Sistema Integrado de Gestión. Sus funciones son:

Supervisión de las operaciones de almacenamiento y distribución.

Capacitaciones sobre temas de seguridad, salud y medio ambiente.

Coordinación con otras áreas de la empresa.

Reportes sobre observaciones y fiscalizaciones de Osinerg /DGAAE.

Supervisión de las actualizaciones de la documentación del SIG.

Asistencia a reuniones del SIG (Comité de Operaciones) y a los Comité de Ayuda Mutua.

Coordinación con bodegas de provincias.

Requisiciones de reposición de productos importados.

Emisión de permisos de trabajo seguro.

Jefe de Mantenimiento.- Velar por la operatividad de los equipos e instalaciones de la empresa y de terceros con los cuales se tenga responsabilidad sobre sus activos en cuanto al correcto uso y mantenimiento de los mismos siguiendo el plan de mantenimiento preventivo y ejecutando las tareas correctivas de ser necesario. Responsable del mantenimiento de los equipos e instalaciones de la empresa en sus distintos locales. Sus funciones son:

Planifica las labores de mantenimiento de Planta y Oficina.

Supervisa las labores de mantenimiento del personal propio y de contratistas.

Apoya al Gerente de Planta en el desarrollo de proyectos.

Supervisa las labores de descarga de graneles en Planta.

Gestiona la adquisición de materiales, equipos y contratistas para el mantenimiento.

Jefe de Producción.- Asegurar el eficiente proceso de las operaciones de la planta, Asegurar las operaciones de proceso en planta se lleven de acuerdo a las normas y procedimientos descritos en el Sistema Integrado de Gestión. Sus funciones son:

Supervisar las labores de Producción y Envasado.

Supervisión y coordinación de los trabajos de Mantenimiento en planta.

Reuniones de coordinación Sistema Integrado de Gestión.

Supervisión del área de Materiales.

Verificar Inventarios de materias primas.

Jefe de Distribución y Almacén.- Supervisión de las labores de Planta. Sus funciones son:

Genera los pedidos de los Servicios de terceros en el Sistema.

Responsable de la descarga de básicos por tubería en el muelle.

Actualiza los movimientos de inventario en el sistema.

Determina la necesidad de insumos y envases para las operaciones de la Planta.

Responsable de los Registros del sistema de Calidad de Planta.

Responsable de la emisión de guías de remisión.

Jefe de Compras.- Gestionar la labor de compras obteniendo las mejores condiciones en cuanto a montos, forma de pago, plazos de entrega y calidad de lo adquirido. Sus funciones son:

Consigue cotizaciones para los requerimientos de compras de los usuarios de la planta.

Evalúa las alternativas de compras para la aprobación de Gerente de Operaciones.

Emisión y remisión de órdenes de compra a los proveedores.

Evalúa a los proveedores, en cuanto a precio, plazo de entrega, calidad.

Seguimiento del cumplimiento de fechas de entrega.

Lleva el control de los monitoreos de planta y disposición de residuos.

Actualiza el cuadro de estadística de accidentes.

Jefe de SIG y Proyecto.- Mejora de la infraestructura de la compañía para el cumplimiento de los requisitos de servicios actuales y futuros. Gestión de proyectos de infraestructura y configuración de instalaciones de la compañía. Sus funciones son:

Elaboración de proyectos.

Supervisa las construcciones nuevas en las instalaciones de las plantas de Oquendo y Callao, en el área metalmecánica, obras civiles, instalaciones eléctricas, instrumentación, e instalaciones industriales en general.

Coordinar con las áreas de la empresa para el requerimiento o necesidades para los procesos de producción, temas de seguridad y protección al medio ambiente.

Participa en las descargas de graneles por tubería y cisternas.

Supervisor de Almacén.- Supervisar directamente las labores de Despachador de Graneles, Montacarguista y Operarios. Encargado de despacho de productos empacados propios y de terceros. Sus funciones son:

Encargado de despacho de productos empacados propios y de terceros.

Actualiza los movimientos de inventario en el sistema.

Responsable de la descarga de básicos por tubería en el muelle.

Recepción de materiales para envasado.

Emite las guías de remisión.

Supervisor de Mezcla y Graneles.- Supervisar directamente las labores de Despachador de Graneles y Operarios. Encargado de despacho de productos a granel y encargado de la recepción de productos. Sus funciones son:

Encargado de despacho de productos a granel.

Ejecuta las labores de descarga de aceites básicos en Planta.

Preparación de productos especiales.

Envasado de aditivos en cilindros.

Trasciego de productos en cilindros o IBC a cisternas o isotanques.

Sondaje de tanques.

Lavado interior de tanques y cisternas.

Mantenimiento (pintura de tanques y tuberías).

Analista de Planeamiento.- Responsable de la planificación de la producción mensual y semanal de grasas y aceites de acuerdo a los procedimientos establecidos del sistema de Gestión Integrado. Planear la producción asegurando una planificación consistente con la capacidad de la planta y del personal. Sus funciones son:

Planeamiento de la producción. Verificación de stock e insumos.

Control y seguimiento del ingreso de los productos elaborados.

Elaboración de reportes solicitados.

Implementación y seguimiento de reporte Ar Pick.

Coordinador de Materiales.- Coordinar, controlar y asegurar disponibilidad oportuna de materias primas (básicos y aditivos) y suministros de empaque

(envases, etiquetas, sellos, etc.) que permitan la producción continua de aceites y grasas lubricantes.

Asegurar disponibilidad oportuna de materias primas y suministros de empaque para el cumplimiento del Plan de Producción, realizando las técnicas de muestreo adecuadas para garantizar los materiales a la entrada del proceso de producción.

Asegurar el efectivo control y registro de transacciones de inventarios y de la documentación correspondiente.

Coordinación efectiva con laboratorio, con compras, comercio exterior y con Producción para el adecuado manejo y disposición de los insumos. Sus funciones son:

Emitir oportunamente requisiciones de abastecimiento de aditivos, envases, etiquetas y otros materiales de acuerdo al Plan Mensual de Producción.

Coordinar con los proveedores la recepción oportuna de básicos, aditivos, envases, etiquetas y otros suministros de empaque y asegurar su almacenamiento adecuado.

Coordinar el muestreo y envío de muestras al laboratorio de aceites bases y aditivos, o el cumplimiento de procedimientos de aceptación o rechazo para los envases, así como el mantener claramente delineado e identificado el status de los materiales y almacenamiento FIFO, para que la Producción fluya regularmente.

Mantener registro de las inspecciones a los básicos, aditivos y envases recibidas de acuerdo al plan de inspección y muestreo.

Coordinar la operación de descarga de aceites bases y aditivos en Tanques tierra, las mediciones antes y después. Verificar medición diaria de tanques para asegurar integridad en los volúmenes.

Registrar oportunamente las recepciones de materiales en el sistema (Solomon), asegurando el mantenimiento de archivos con la documentación completa (guías de remisión, check list, certificados, etc.).

Programar el Inventario físico, conciliar y registrar al sistema mensualmente el stock físico de aceites bases, aditivos, envases y etiquetas. La coordinación con producción para la explicación a las variaciones en inventarios oportunamente.

Asistente Administrativa.- Brindar soporte administrativo al personal de la Planta.
Sus funciones son:

Envío correspondencia a Oficina Central.

Archivo de documentos.

Recepción llamadas - Central telefónica.

Impresión de etiquetas.

Responsable de la actualización de la información los Reportes de Riesgo.

Revisión de documentos contables enviados.

Recepción de Documentos.

Apoyo en la revisión de documentos de transportistas.

Reposición de economato.

Montacarguista.- Encargado de la recepción y el despacho de productos empacados. Sus funciones son:

Recepción y despacho de productos empacados propios y de terceros.

Apoya en descarga de graneles por tubería y por cisternas.

Apoya en trasiegos de productos empacados a cisternas o isotanques.

Envasado de aditivos en cilindros.

Efectúa el mantenimiento diario del montacargas.

2.2.2 Análisis de Sistema Productivo

En esta sección se dará a conocer los productos, la tipología del sistema productivo y la descripción de los procesos principales desde la planificación hasta la obtención del producto terminado^{Ref.6)}.

Servicios de la Empresa de Lubricantes

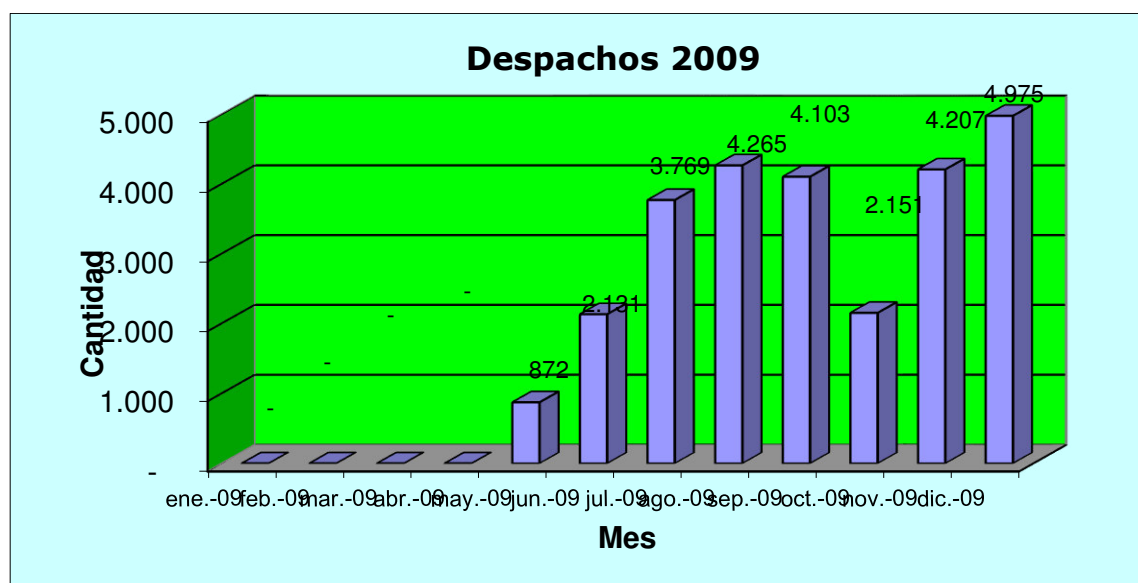
Los servicios se dividen en seis grupos los cuales son:

1.- Almacenaje de Líquidos a Granel y Productos Empacados.

- 2.- Almacenaje Aduanero y Depósito Simple.
- 3.- de Líquidos Vía Tubería desde muelles de Enapu.
- 4.- Servicio de Trasvase de productos.
- 5.- Mezcla y Envasado.
- 6.- Servicio de Logística Integral (SLI)

La clasificación se determina de esa manera ya que cada grupo se fabrica en áreas independientes y cada área cuenta con máquinas y equipos necesarios para llevar a cabo las operaciones que se indiquen en la orden de trabajo. Del Grafico 9, en el mes de Mayo a Diciembre del 2009 ha despachado un promedio de 6 343 unidades de sachets en comparación con del mes de Enero a Diciembre del 2010 ha despachado un promedio de 8803 unidades de sachets. En el gráfico 1 se muestra los despachos realizados de Enero a Diciembre del 2009.

Grafico 9. Despachos realizados de Mayo a Diciembre del 2009



En la línea de producción de envasado existen 2 tipos de productos: advance 2T y Nautilus (RX Viscus para motores fuera de borda) pero La presente tesis se enfocará en la línea de los productos aceite advance 2T (Lubricante para motores de dos tiempos). Es un lubricante de alta calidad para motores de dos tiempos de baja cilindrada, ha sido formulado con aceites básicos de alto índice de viscosidad y un

conjunto de aditivos seleccionados, ayuda a prevenir el bloqueo del sistema de escape y reducir al mínimo las emisiones de humo. Además, con la tecnología Dynamic Performance Aditivo (DPA) la marca garantiza que su motor estará protegido más tiempo mientras aumenta su rendimiento.

Advance 2T está recomendado para motores de 2 tiempos de motosierras, ciclomotores, scooters y motos de baja cilindrada.



Cuadro 7. Presentación de los productos

PRODUCTO	PRESENTACION	CLIENTE
Advance 2T	200 ML	SLL
Nautilus	200 ML	SLL

Tipo del Sistema de Producción

El tipo del sistema de producción de La Planta, según el cuadro 8, se ajusta a una producción por lotes por cuatro características principales. En primer lugar, el inicio de la fabricación es posible sólo si se tiene la Orden de Trabajo, es decir, existe un pedido (por el área de planeamiento) que solicita el producto para despacharlo al cliente. En segundo lugar para este producto, La Planta solo cuenta con un cliente “SLL” que ocupa el 80% de la producción. En tercer lugar, en cuanto a la variedad de productos está conformada por un solo producto llamado aceite advance 2T, lo

cual es considerado relativamente Estándar. Y por último, la demanda en el sector de lubricantes es fluctuante, lo que hace difícil obtener un pronóstico de fabricación firme en un plazo mayor a 6 meses.

En cuanto a la flexibilidad, La Planta es capaz de mantenerse eficaz y eficiente cuando la variabilidad adopta la forma de nuevos productos y mano de obra.

Cuadro 8. Configuración de la Producción

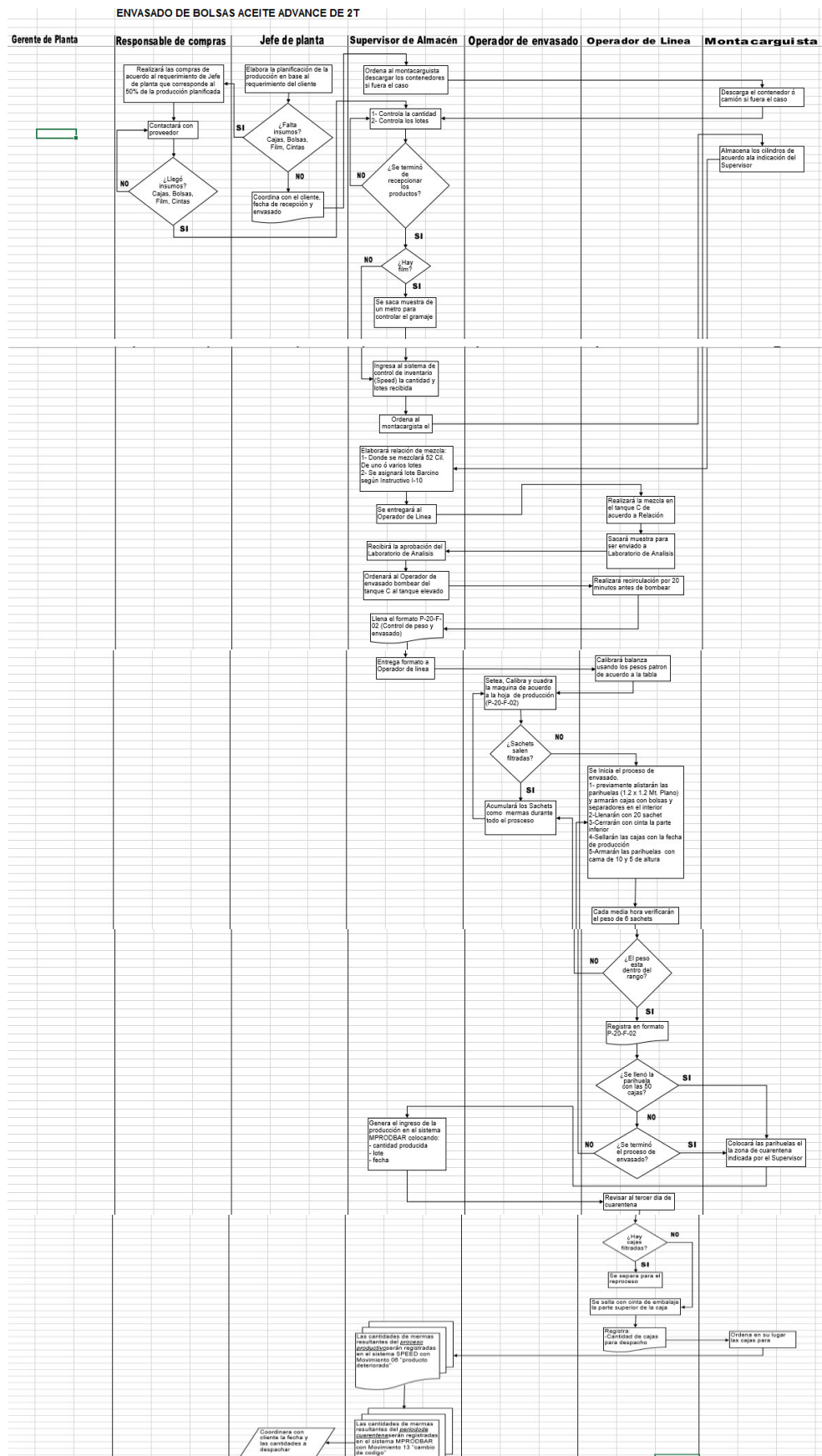
Configuración	Demanda	Productos	Flexibilidad	Participación del cliente
Batch	Fluctuante	Variable por OT	Media	Pocos

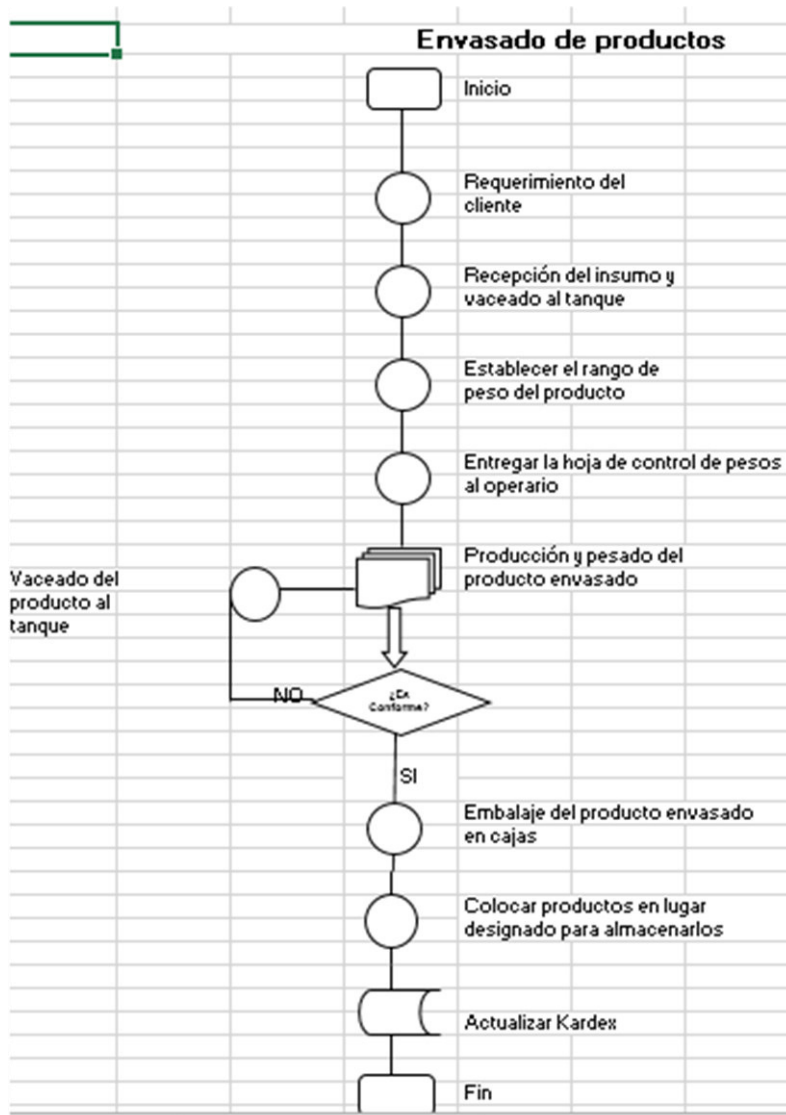
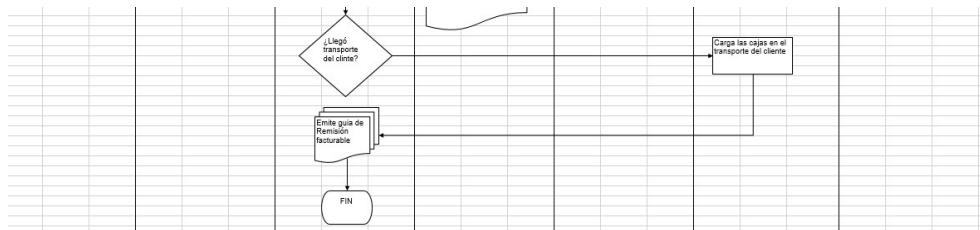
Principales Procesos

El sistema de producción actual se puede resumir en el Diagrama de Flujo del Proceso que se presenta en el gráfico 10, Aquí se muestra el flujo de datos e informaciones que se obtienen en el proceso de planeamiento, compras y despacho.

Como se puede apreciar en el Diagrama de Flujo del proceso principal, las áreas involucradas son planeamiento, compras, producción, almacén y despacho. Dado que el estudio se basará en las áreas de planeamiento y producción que corresponden al proceso Planear y Producir, a continuación se explicará el proceso de planeamiento y el proceso de producción ^{Ref.1) y 4).}

Grafico 10. Flujograma del proceso de envasado de los productos





Planeamiento:

La empresa tiene como política la producción constante respecto al plan proyectado de producción *por ello el Jefe de Planta* elaborará la planificación de la producción en base al programa que el cliente SLL debe de enviar a más tardar el 25 de cada mes. En éste debe incluir todos los recursos necesarios de horas hombre, máquina, materiales e insumos, el plan proyectado o pronóstico es determinado por producto y sirve como dato de entrada para La Planta para saber en qué mes se tiene que

producir, cuántos lotes, y qué recursos y materiales se van a necesitar ya sea materia prima o material de envasado, por lo tanto el jefe de planta proyecta la producción y requerimiento de materiales dentro de los próximos 6 meses.

Para la *Recepción de mercadería del cliente*, el *Jefe de Planta* Coordinará con el cliente, el producto a granel que el cliente SLL proporcionará de acuerdo a los requerimientos de producción. La empresa de lubricantes enviará a la planta del cliente SLL un Isotank o tanque cisterna, el cual se verificará que se encuentren limpios en caso contrario será lavado y limpiado a fin de evitar contaminación del granel a cargar.

El supervisor de almacén se encarga de verificar la cantidad en inventario de materiales que pueda existir en el almacén. Con dicha información y el pronóstico de producción hacen una lista de requerimientos al área de compras. En el sistema ERP se ingresan los materiales y también se indican la fecha aproximada en la que se necesitará.

También el supervisor de almacén se encarga de verificar la cantidad en inventario de este producto en proceso y productos terminados que se encuentran en los almacenes. Para luego determinar la lista de productos que se necesitan fabricar en el mes.

El proceso de planeamiento finaliza cuando se entregan las listas respectivas al área de compras y al área de producción.

Producción

Una vez que se reciben las ordenes de trabajo y luego de que el área de almacén dispense los insumos requeridos (materia prima, materiales de envasado y materiales de acondicionado), el área de producción se encarga de fabricar, envasar y acondicionar los lotes del producto solicitados por el área de planeamiento.

El *Despachador de graneles* controla la cantidad de producto que se va recibir con los tickets de peso que serán entregados al Jefe de Planta para la liquidación final de la producción.

El Jefe de Planta entregará el formato al operador especificando el tamaño del lote recepcionado y el número de muestras a inspeccionar para la inspección visual.

se encargará colocan en la zona de materias primas las cajas y las bobinas de film que recepcionadas por el montacarguista para su posterior utilización en la línea de producción que luego se sacan una muestra de cada una para la inspección y una vez que es aprobada la inspección el supervisor de almacén procederá a ingresar las mismas en el sistema generando el vale de ingreso respectivo

El **Jefe de Planta** Antes de bombear el producto será el responsable de asegurar que el producto anteriormente contenido en el tanque elevado no haya sido el Nautilus, en caso contrario dará las indicaciones para proceder a efectuar un lavado (flushing) de la bomba, las líneas y los tanques con 4 cilindros de aceite básico caliente, el cual será proporcionado por el cliente SLL. Luego de efectuado el flushing, el básico usado será devuelto al cliente SLL y darán su aprobación para continuar con el siguiente paso que es bombear de la cisterna el producto a granel al tanque elevado, en caso de la capacidad del tanque diario no sea suficiente el producto permanecerá en el Isotanque o tanque cisterna hasta que se pueda enviar al tanque elevado.

Un vez lleno el tanque elevado, se deberá de parar el bombeo y el saldo restante, dependiendo del producto, se enviará al tanque 16 o en su defecto permanecerá en el Isotanque.

En este proceso se realiza la fabricación de un lote del producto, el cual se encuentra mezclado en el tanque de acuerdo a las cantidades indicadas en la orden de trabajo (OT). Se usa un agitador automático para ayudar a que la mezcla sea homogénea. Una vez terminado este proceso, se entrega la documentación del lote fabricado al área de aseguramiento de la calidad para su información y registro. Paralelamente también se comprueba la calidad y las especificaciones del lote fabricado por el área de control de calidad. El producto permanece almacenado en el tanque de mezcla hasta el momento que se tenga que envasar.

Antes de iniciar el envasado de sachets, el **operador de envasado** deberá enviar una muestra de línea. La muestra de línea es una muestra del producto justo antes del ingreso del producto a la envasadora, para ser enviada al laboratorio del cliente SLL, esta muestra deberá estar contenida en un frasco de plástico enviado por el cliente para tal propósito, una vez dé el visto bueno, se procederá a realizar el envasado.

El envasado consiste en dosificar el producto en las bolsas de film en la cantidad indicada por la OT. Para este proceso se usa una máquina envasadora semiautomática. En la misma área de envasado se encuentra una línea de operarios encargados de colocar los sachets en las cajas y sellar las cajas, por último un operador será el encargado de la máquina de sellado Hotmell. A la salida de la máquina dos a tres **operarios de envasado** recepcionarán los sachets para encajarlos de cien en cien en las cajas.

Como control adicional, pesarán todas las cajas a fin de verificar que en cada caja se hayan introducido exactamente 100 sachets, esto lo registrarán en el formato **P-29-F-02 Control de envasado de cajas Shell**.

Una vez terminado, se entrega la documentación del lote envasado al área de aseguramiento de la calidad para su información y registro. Paralelamente también se comprueba la calidad y las especificaciones del lote envasado por el área de control de calidad. Los sachets permanecen en las cajas hasta el momento que se tenga que acondicionar.

Los equipos utilizados en el envasado son los siguientes:

- Envasadora semiautomática.
- Balanza.
- Mesa de trabajo.
- Racks de almacenamiento.

Finalmente se realiza el acondicionado o empacado del lote envasado. El acondicionado consiste en colocar los sachets en las cajas de presentación final. Estas cajas son codificadas con el número de lote del producto indicado en la OT. Este proceso se lleva a cabo en una faja transportadora que facilita el recorrido de las cajas hacia los operarios. Una vez terminado, se entrega la documentación del producto terminado al área de aseguramiento de la calidad para su información y registro. El lote del producto se entrega en pallets al almacén para colocarlas en los racks de cuarentena.

Los equipos utilizados en el acondicionado son los siguientes:

- Faja de acondicionado.

- Pallets.

Una vez concluido con el proceso de producción, el lote completo del producto terminado queda a la espera de la liberación por parte del área de aseguramiento de la calidad. La liberación consiste en dar la aprobación al lote del producto de acuerdo a la documentación consignada en el informe técnico. Luego de que se da la aprobación, inmediatamente el área de planeamiento confirma la entrega al cliente.

2.3 Justificación del Problema

Existen pocos trabajos de investigación del proceso de producción de envasado (Taha, 2004) porque no se le da la importancia necesaria a un proceso previo de trabajar horas extras para que no queden pedidos pendientes por despachar. El modelo matemático que se proyecta en la tesina es la aplicación de la programación lineal (Villaroel, 2012) en los procesos productivos de envasado que ayudaran a optimizar el uso de los recursos disponibles.

III. METODOLOGÍA

En este capítulo se describirán las mejoras propuestas para los principales problemas detectados en la línea de producción de envasado de aceite advance 2T y Nautilus. Además, se evalúa la factibilidad económica de tales propuestas (Gonzales, 2004)

3.1 Modelación del programa de Producción

Se propondrán una mejora para solucionar los problemas antes detectados para ello se realizará una mejora en el proceso de envasado mediante la implementación de un programa de producción mensual con el apoyo de un modelo de programación lineal entera^{Ref.1)}, el cual nos ayudará a encontrar una secuencia óptima de producción tal que podamos maximizar las utilidades y mejorar la utilización de los recursos disponibles.

En las siguientes secciones se describirá la mejora realizada en el proceso de envasado (Gonzales, 2004) desarrollando un programa de producción con el objetivo de optimizar los procesos e incrementar los ingresos en la línea de envasado de aceite lubricantes.

El plan proyectado que actualmente se aplica en el área de planeamiento está realizado según la política de stocks por coberturas que implica fabricar los productos con un bajo nivel de stock. Por este motivo, el plan proyectado no permite optimizar los procesos de producción en la línea, y tampoco permite ahorrar en costos extras en el que se incurren para cumplir con las urgencias.

Para mitigar este inconveniente se plantea realizar un modelo de programación lineal entera que nos indique cuántos lotes de cada producto fabricar y en qué días se deben realizar para atender la demanda en el plan proyectado considerando la capacidad de La Planta; los insumos disponibles en el almacén y la prioridad de atención a los clientes tal que se pueda maximizar el nivel de ingresos con un impacto positivo en el nivel cumplimiento del plan proyectado.

3.1.1 Formulación del modelo

En los últimos cinco meses, La Planta tuvo un nivel de cumplimiento promedio de los pedidos del 65%. Esto sugiere aprovechar más los recursos para mejorar el nivel y

así obtener más utilidades. Para tal fin, el área de planificación, en coordinación con las demás áreas, deben diseñar un programa de producción que le indique los productos que se fabricarán a lo largo del mes considerando las restricciones que se presentan en los procesos de planificación y producción.

En las siguientes líneas se explicará los procesos planificación y producción, y en forma paralela se irá desarrollando el modelo matemático (Villaroel, 2012).

Proceso de planificación

La empresa cuenta con una política de stocks para cada cliente en base a coberturas La cobertura es un ratio que indica la cantidad de meses que el stock actual podrá atender la demanda. En la tabla cuadro 9 se puede apreciar la política de stock para cada cliente. Por ejemplo, para los productos del cliente “SLL”, se debe tener como mínimo stock para 4 meses. En caso de que este ratio sea 3.8 (menor a 4.0), se demandará producir más lotes para poder alcanzar la cobertura de 4.0.

Cuadro 9. Política de stocks

Cliente	Cobertura de stock mínima
SLL	4.0 meses
Terceros	2.5 meses

También se cuenta con un registro de venta mensual para cada producto. En el cuadro 10 se muestra el registro de ventas de los seis últimos meses para dos productos representativos del cliente SLL. En este producto se obtiene un promedio de venta mensual que servirá como dato para realiza el plan proyectado. Por ejemplo en el producto Aceite advance 2T, el dato de venta mensual promedio de los últimos seis meses es de 4,162 unidades.

Cuadro 10.Registro de ventas mensuales de tres productos

Cliente	Producto	Nov-08	Dic-08	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	Venta promedio
SLL	Aceite Advance 2 T	3,126	3,750	4,562	3,958	5,101	5,213	4,285
SLL	Nautilus	1,713	2,651	3,807	6,501	5,641	4,658	4,162

Con la cobertura de stock mínima por cada cliente, el responsable de planificación realiza un plan de producción proyectado para el primer semestre. Por ejemplo, en el cuadro 11, el producto Aceite Advance 2T cuenta con 10,002 unidades como stock a inicial al mes de mayo del 2009, lo que equivale a tener una cobertura de 2.4 meses. Para cumplir con la política de stock, se planifica producir 2 lotes en el mes de mayo que equivalen a 12,252 unidades. Si a esto se le resta la venta mensual promedio, se proyecta que al final del mes de mayo quedará 18,092 unidades en stock, lo que equivale a tener 4.3 meses de cobertura. La ecuación para determinar la cobertura es la siguiente.

Cobertura =	$\frac{\text{Stock del producto (unidades)}}{\text{Venta mensual promedio (unidades)}}$
-------------	---

Cuadro 11. Ejemplo del plan proyectado

Datos				Planificación		Resultados proyectados	
Producto	Tamaño de lote	Stock inicial may-09	Venta promedio	#lotes a fabricar	Unidades	Stock final may-09	Cobertura
Aceite Advance 2T	19,602	9,950	8,083	1	19,602	21,469	2.7
Nautilus	6,126	10,002	4,162	2	12,252	18,092	4.3

De este modo, se tendrá una lista de lotes de productos demandados en el mes. Dada la limitada capacidad, habrá productos que no se podrán realizar por lo que quedarán como pendiente a realizarse en el mes siguiente.

Para iniciar la producción de cualquier producto, el responsable de producción verifica la disponibilidad de los insumos. El insumo principal que se utiliza en el proceso de fabricación es la materia prima; en el proceso de envasado, los envases (sachets) y en el proceso de acondicionado, las cajas. Según indica el jefe de planeamiento, las materias primas y los envases tienen un lead time muy significativo: cuatro meses para el primero y dos meses para el segundo. En el caso de las cajas, estos tienen un lead time de una semana por lo que para la elaboración del programa no se considera como insumo crítico.

Los procesos principales de producción en la línea de aceite lubricantes son fabricación, envasado y acondicionado. En cada lote de producto los procesos se realizan de forma consecutiva, uno tras otro.

Proceso de fabricación

El proceso de fabricación está compuesto por dos operaciones principales: mezclado y filtrado. Primero se realiza la operación de mezclado y luego la operación de filtrado; ambas operaciones se realizan en la misma área de fabricación por lo que solo se puede realizar una operación a la vez.

El lead time (tiempo duración) del proceso de fabricación se mide en días por lote y difiere según el tipo de producto que se va a procesar (Advance 2T o Nautilus). En caso de fabricar un lote de advance, las actividades de mezclado y filtrado se realizarán en el mismo día, por lo que el proceso de fabricación tendrá un lead time de un día por cada lote de Advance 2T. En caso de que se fabrique un lote de Nautilus, las actividades de mezclado y filtrado se realizarán en dos días consecutivos, por lo que el proceso de fabricación tendrá un lead time de dos días por cada lote de Nautilus.

Concluido con las operaciones de mezclado y filtrado, se termina con el proceso de fabricación en el área de manufactura. El siguiente proceso es el envasado, el cual se realiza en el área de empaque.

Proceso de envasado

El proceso de envasado está compuesto por las operaciones de dosificado, limpieza de los sachets; y todas se realizan simultáneamente.

El lead time del proceso de acondicionado se mide en días por lote y es un día por cada lote de Aceite Advance 2T y un día por cada lote de Nautilus.

Proceso de acondicionado

El proceso de acondicionado está compuesto por las operaciones de pegado de etiqueta y colocación del producto en cajas de presentación para venta; y todas se realizan simultáneamente.

El lead time del proceso de acondicionado se mide en días por lote y es un día por cada lote de jarabe y un día por cada lote de suspensión.

El cuadro 12, muestra la estructura de costos para el caso se dividen en cuatro partes: costo de mezclado, costo de filtrado, costo de envasado y costo de acondicionado. El costo se incurre solo cuando se programa un lote de producto.

Cuadro 12. Precio de venta y costos de operación por lote de producto

PRODUCTO	ADVANCE 2T	NAUTILUS
C. Mezcl.(S/.)	13,173	12,264
C. Filtr.(S/.)	5,645	5,256
C. Envas.(S/.)	7,527	7,008
C. Acond.(S/.)	11,291	10,511
COSTO TOTAL =	37,636	35,039
PV (S/.)	41400	40295

En el proceso de Producción de envasado se elabora 2 tipos de productos los cuales son: aceite Advance 2T y Nautilus que pasan por 3 etapas de línea: fabricación, envasado y acondicionado; y las cantidades mínimas a producir para el producto aceite Advance 2T necesitamos producir 2000 unidades y para el producto de Nautilus necesitamos producir 1500 unidades, lo que se quiere es maximizar la producción teniendo en cuenta la capacidad disponible que es diferente en cada

etapa del proceso, y la capacidad en fabricación es de 9632 hrs, en Envasado es de 14478 hrs y en Acondicionado es de 23930 hrs que hace un total de capacidad de producción de 48040 hrs.

En cuanto al tiempo de proceso en la línea de Fabricación para producir el producto Aceite Advance 2T se demora 1 hr y para el producto Nautilus se demora 2 hrs, para la línea de envasado para producir el producto Aceite Advance 2T se demora 2 hr y para el producto Nautilus se demora 1 hrs; y para la línea de Acondicionado para producir el producto Aceite Advance 2T se demora 3 hr y para el producto Nautilus se demora 1 hrs.

Aplicando el modelo de programación lineal se quiere hallar la cantidad de cada producto que maximice el volumen de producción teniendo en cuenta las restricciones planteadas y para ello vamos a utilizar el Solver Excel que permite a optimizar procesos^{Ref.5)}.

Para el caso de estudio se busca obtener un programa de producción que indique el día en que se realizará el mezclado, filtrado, envasado y acondicionado de los productos tal que se logre obtener la máxima utilidad por cada lote de producto. Para esto se tiene en cuenta la prioridad de atención de los clientes y, además, la demanda, los insumos disponibles y la disponibilidad de días de fabricación que se tienen a lo largo del mes. De acuerdo a esto se plantea la función objetivo siguiente:

Definición de Variables

Se desea formular un modelo matemático para determinar la cantidad que debe producirse para cada producto (Advance 2T y Nautilus), por lo tanto tenemos dos variables, representados por: X_1 , X_2 .

Siendo: X_1 = Cantidad a producirse del producto Advance 2T
 X_2 = Cantidad a producirse del producto Nautilus

Función Objetivo

El objetivo del problema será maximizar Z igual a la cantidad total de producción del producto Advance 2T más la cantidad total de producción del producto Nautilus.

$$\text{Maximizar: } Z = X1 + X2$$

Definición de Restricciones

Restricción de capacidad de horas en fabricación de aceites lubricantes:

$$X1 + 2 X2 \leq 9632$$

Restricción de capacidad de horas en envasado de aceites lubricantes:

$$2 X1 + X2 \leq 14478$$

Restricción de capacidad de horas en acondicionado de aceites lubricantes:

$$3 X1 + X2 \leq 23930$$

Restricción de las cantidades mínimas a producir del producto Advance 2T:

$$X1 \geq 2000$$

Restricción de las cantidades mínimas a producir del producto Nautilus:

$$X2 \geq 1500$$

Luego el modelo matemático de Programación Lineal (con dos variables y cinco restricciones) será:

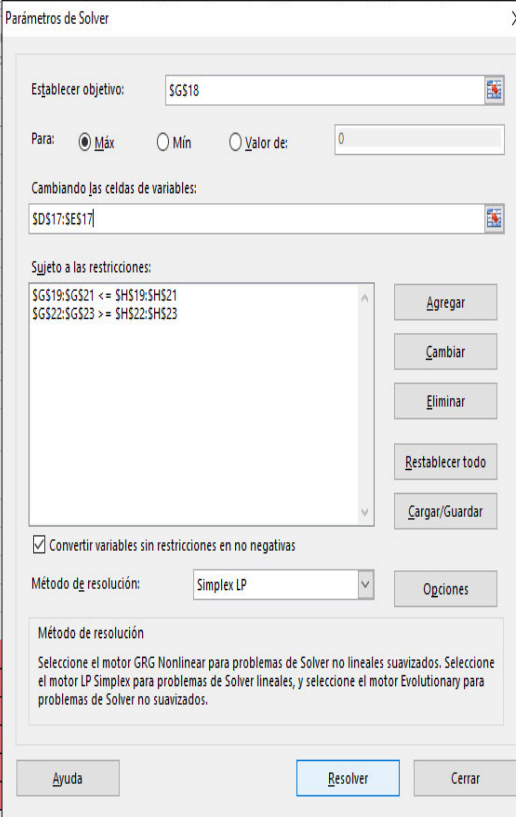
$$\begin{array}{lll} \text{Maximizar:} & Z = & X1 + X2 \\ \text{Sujeto a:} & & X1 + 2 X2 \leq 9632 \\ & & 2 X1 + X2 \leq 14478 \\ & & 3 X1 + X2 \leq 23930 \\ & & X1 \geq 2000 \\ & & X2 \geq 1500 \\ & & X1, X2 \geq 0 \end{array}$$

El modelo se detalla en el cuadro 13.

Cuadro 13. Planteamiento de las variables y restricciones

N Total		hr/lote					
sitio w		ADVANCE 2T	NAUTILUS	CAPACIDAD EN HORAS			
FABRICACION		1	2	9632	<=		
ENVASADO		2	1	14478	<=		
ACONDICIONADO		3	1	23930	<=		
TOTAL		6	4	48040			
PV =Ing/ unidad		S/. 41,400.00	S/. 40,295.00				
costo/unidad		S/. 37,636.00	S/. 35,039.00				
Utilidad		S/. 3,764.00	S/. 5,256.00				
restriccion del mercado	max						
	min	2000	1500				
		>=	>=				
		ADVANCE 2T	NAUTILUS				
				SENTIDO	UTIL		
FO		1	1		0	RHS	HOLGURA
R1		1	2	<=	0	9632	9632
R2		2	0	<=	0	14478	14478
R3		3	1	<=	0	23930	23930
R4		1		>=	0	2000	2000
R5			1	>=	0	1500	1500

Cuadro 14. Aplicación del programa Solver Excel



Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: ☒ Máx ☐ Mín ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

N Total		hr/lote					
sitio w		ADVANCE 2T	NAUTILUS	CAPACIDAD EN HORAS			
FABRICACION		1	2	9632	<=		
ENVASADO		2	1	14478	<=		
ACONDICIONADO		3	1	23930	<=		
TOTAL		6	4	48040			
PV =Ing/ unidad		S/. 41,400.00	S/. 40,295.00				
costo/unidad		S/. 37,636.00	S/. 35,039.00				
Utilidad		S/. 3,764.00	S/. 5,256.00				
restriccion del mercado	max						
	min	2000	1500				
		>=	>=				
		ADVANCE 2T	NAUTILUS				
				SENTIDO	UTIL		
FO		1	1		0	RHS	
R1		1	2	<=	0	9632	
R2		2	0	<=	0	14478	
R3		3	1	<=	0	23930	
R4		1		>=	0	2000	
R5			1	>=	0	1500	

Cuadro 15. Resultados de la Función Objetivo y valores óptimos a producir

N Total		hr/lote					
sitio w		ADVANCE 2T	NAUTILUS	CAPACIDAD EN HORAS			
FABRICACION		1	2	9632	<=		
ENVASADO		2	1	14478	<=		
ACONDICIONADO		3	1	23930	<=		
TOTAL		6	4	48040			
PV =Ing/ unidad		S/. 41,400.00	S/. 40,295.00				
costo/unidad		S/. 37,636.00	S/. 35,039.00				
Utilidad		S/. 3,764.00	S/. 5,256.00				
restriccion del mercado	max						
	min	2000	1500				
		>=	>=				
		ADVANCE 2T	NAUTILUS				
		6632	1500	SENTIDO	UTIL		
FO		1	1		8132	RHS	HOLGURA
R1		1	2	<=	9632	9632	
R2		2	0	<=	13264	14478	1214
R3		3	1	<=	21396	23930	2534
R4		1		>=	6632	2000	
R5			1	>=	1500	1500	

Cuadro 16. Respuesta que arroja el Programa Solver Excel

Opciones de Solver

Tiempo máximo Ilimitado, Iteraciones Ilimitado, Precision 0.000001, Usar escala automática

Máximo de subproblemas Ilimitado, Máximo de soluciones de enteros Ilimitado, Tolerancia de enteros 1%, Asumir no negativo

Celda objetivo (Máx)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$G\$18	FO UTIL	0	8132

Celdas de variables

Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero
\$D\$17	ADVANCE 2T	0	6632	Continuar
\$E\$17	NAUTILUS	0	1500	Continuar

Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
\$G\$19	<= UTIL	9632	\$G\$19<=\$H\$19	Vinculante	0
\$G\$20	<= UTIL	13264	\$G\$20<=\$H\$20	No vinculante	1214
\$G\$21	<= UTIL	21396	\$G\$21<=\$H\$21	No vinculante	2534
\$G\$22	>= UTIL	6632	\$G\$22>=\$H\$22	No vinculante	4632
\$G\$23	>= UTIL	1500	\$G\$23>=\$H\$23	Vinculante	0

Se aplicó el modelo de programación lineal según el programa Solver Excel como se muestra en los Cuadros 13, 14, 15 y 16 donde indica que el producto Advance 2T el valor optimo a producir es de 6632 unidades al mes y para el producto Nautlus el valor optimo a producir es 1500 unidades al mes por lo tanto la función objetivo nos optimiza el volumen optimo a producir que es de 8132 unidades al mes.

El periodo de estudio del modelo será de cinco meses los cuales comprende a mayo, junio, julio, agosto y setiembre del 2009. Cada mes cuenta con un determinado número de días operativos divididos en días de turno normal y turno extra.

El inventario de insumos disponibles (materia prima y envases) es dato de entrada y se verifica en el sistema de stock de inventarios con el que cuenta La Planta, antes del inicio de cada mes.

La demanda de productos se encuentra en el plan de producción y es dato de entrada para la programación. Los productos que no se fabriquen se acumulan para el siguiente periodo.

El mezclado, filtrado, envasado y acondicionado se realizan de manera consecutiva y de acuerdo a lead time de cada proceso.

Los costos de materia prima, mano de obra directa (operarios) e indirecta (supervisores) se considerarán como costos variables que solo se incurren si se toma la decisión de procesar un lote de producto.

El orden de prioridad de atención a los clientes se basa en la cobertura determinada para cada uno. El cliente que requiere la mayor cobertura en sus productos es aquel que tiene la mayor prioridad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultado del modelo

Se realizó la modelación para los meses de mayo hasta setiembre del 2009 obteniéndose una utilidad total de S/.73,081.00 por encima de los resultados reales de la empresa en el mismo periodo de producción y, además, se logró producir 15 lotes más que la empresa. Los resultados de los meses de mayo a setiembre del 2009 se muestran en el cuadro 17.

Cuadro 17. Comparación de Resultados

Año 2009	Resultados de la empresa		Resultados del Modelo	
Tipo de cliente	Lotes Producidos	Utilidad Obtenida	Lotes Producidos	Utilidad Obtenida
Mayo	16	S/. 48,063	20	S/. 63,123
Junio	4	S/. 12,143	6	S/. 19,554
Julio	14	S/. 34,341	20	S/. 68,172
Agosto	21	S/. 63,901	21	S/. 66,613
Setiembre	14	S/. 37,621	17	S/. 51,688
Total	69	S/. 196,069.00	84	S/. 269,150.00

El incremento en la producción de lotes ha tenido un efecto positivo en el nivel de atención de demanda. Según las propuestas del modelo para los meses de estudio, el nivel de atención ha tenido un incremento de 64% a 78%. En el cuadro 18 se aprecia el nivel de atención obtenido en cada mes de producción.

Cuadro 18. Nivel de atención obtenido por el modelo

Periodo	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Set-09	Total
Lotes Planificados	28	20	21	21	18	108
Lotes Producidos	20	6	20	21	17	84
%Cumplimiento	71%	30%	95%	100%	94%	78%

Evaluación económica

En esta sección se realiza la evaluación económica de las mejoras planteadas en el presente estudio. En primer lugar se analiza el impacto económico que genera la implementación de una línea automática para las operaciones de dosificado, tapado y etiquetado. En segundo lugar, se analiza el impacto económico que se obtiene a partir programa de producción planteado por el modelo matemático desarrollado.

Impacto económico del modelado

La producción en la línea de envasado de lubricantes se realiza en base a un plan proyectado que solo mide las coberturas de cada producto, mas no toma en cuenta la capacidad de La Planta ni los insumos disponibles lo que ocasiona que no se optimice los procesos teniendo que producir los productos más urgentes y dejando pendientes los productos que generan mayor utilidad. Por esta razón se ha planteado un modelo matemático que ayude a realizar el programa de producción para un periodo mensual en el que se indique la secuencia óptima de producción teniendo en cuenta la capacidad y los insumos disponibles.

Se demuestra que con el programa de producción generado por el modelo matemático se llega a obtener una utilidad de S/. 73,081.00 por encima de los resultados reales de la empresa para el periodo comprendido de mayo a setiembre del 2009.

En total, considerando la producción para el año 2009, se proyecta que con el modelo desarrollado se obtendrá S/.152,509.00 más de lo que obtendría la empresa.

4.2 Presentación de Resultados

El análisis de costo-beneficio se muestra en la cuadro 19.

Cuadro 19. Análisis costo-beneficio de las mejoras

Mejora	Costo	Beneficio	ROI
Modelo matemático	S/. 49,053	S/. 152,509	0.32

Se demuestra que desde el punto de vista financiero, las mejoras implementadas tienen capacidad de generación valor para la empresa. En total se obtendría un beneficio anual de con un retorno a la inversión de 0.32.

V.CONCLUSIONES

- 1) El bajo nivel de cumplimiento (64%) del plan proyectado, la constante acumulación de lotes pendientes por fabricar y el exceso de horas-hombre durante los procesos de envasado y acondicionado en la línea de envasado de lubricantes nos llevó a realizar un análisis a las principales áreas e identificar las causas principales. Los resultados fueron una necesidad de un programa de producción que optimice los recursos disponibles principalmente en el área producción de envasado que contiene las líneas: de fabricación, envasado y acondicionamiento.
- 2) Se ha propuesto la mejora de un modelo matemático que propone un programa de producción de la línea de envasado de aceites lubricantes para un mes, teniendo en cuenta los recursos disponibles y la política de stocks actual.
- 3) El programa de producción planteado por el modelo matemático nos permite obtener una utilidad de más de un poco más de S/.152 mil nuevos soles respecto del programa establecido por la empresa, lo que aumentaría el nivel de atención de demanda a un 78%.
- 4) El modelo sirve para la toma de decisiones en las áreas de planificación, manufactura y empaque. Al área de planificación le dará a conocer la cantidad de lotes de productos que se atenderán y el nivel de stock de inventarios con el que contarán al final de mes.
- 5) El modelo nos permitiría simular un programa de producción si se duplicará la capacidad del área de fabricaciones y envasado.
- 6) Las mejoras planteadas permiten un ahorro anual con un retorno de la inversión de 0.32 años, lo cual se considera como un proyecto rentable que debe implementarse en el mediano plazo.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Analizar la posibilidad implementar un segundo turno en el área de fabricación y también el incremento de los lotes a fin de que se pueda aprovechar al máximo los beneficios de esta línea de envasado.
- 2) Antes de poner en práctica el modelo, las áreas interesadas deben revisar los datos que el modelo utiliza para asegurar que el modelo no arroje resultados incoherentes y estén de acuerdo a las políticas de la empresa.
- 3) Es conveniente simplificar el modelo lo máximo posible para poder realizar con mayor rapidez la actualización de datos. También es conveniente desarrollar una macro en Excel que permite realizar la lectura de los valores arrojados y lo convierta en un gráfico más apreciable.
- 4) Por último, se recomienda realizar un plan de mantenimiento preventivo para evitar las paralizaciones inesperadas y tenerlo en cuenta en el plan de producción.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aliaga Aliaga, D. E. (2015). *Análisis y mejora de/proceso productivo de una línea de galletas en una empresa de consumo masivo*. Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP, Perú.

García, J., Fdez. Martínez, L., & Tejera Del Pozo, P. (1990). *Técnicas de Investigación Operativa*. Tomo II. Madrid: Paraninfo.

Gonzales Neira, E.M. (2004). *Propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Servioptica LTDA*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

Hillier, F., & Lieberman, G. (2006). *Investigación de operaciones*. 8ª ed. México: McGraw-Hill.

Machuca Dominguez, M. A. (1995). *Dirección de Operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. España: McGraw-Hill. Madrid.

Palomino Espinoza, M. A. (2012). *Aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes*. Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP, Perú.

Villarroel Figueroa. J.J. (2012). *Diseño e implementación de un modelo de programación lineal para optimizar la asignación presupuestal en el proyecto especial de infraestructura PROVIAS DESCENTRALIZADO — MTC*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.

Winston, W.L. (2005). *Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos*. 4ª ed. México: Thomson.

Taha, H. A. (2004). *Investigación de Operaciones*. 7ª ed. México: Prentice Hall.